

Umgang mit Phänomenen – Argumentations- und Handlungsprozesse Grundschulpädagogikstudierender mit dem Fach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘

Philipp Galow & Hilde Köster

Freie Universität Berlin, Fachbereich Erziehungswissenschaften und Psychologie,
Arbeitsbereich Grundschulpädagogik, Lernbereich Sachunterricht,
Habelschwerdter Allee 45, 14195-Berlin
p.galow@fu-berlin.de, hilde.koester@fu-berlin.de

Kurzfassung

Im Studienfach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘ erwerben Grundschulpädagogikstudierende an der Freien Universität Berlin sowohl fachwissenschaftliche als auch fachdidaktische Kompetenzen. Im Studienkonzept bildet der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung mit den Facetten ‚Wissenschaftliches Argumentieren‘ und ‚Experimentieren‘ einen Schwerpunkt. In einer explorativ angelegten Studie werden die Prozesse des wissenschaftlichen Argumentierens und des experimentellen Handelns bei Studierenden analysiert, die sich in einer Phänomenbegegnung, die zum Experimentieren einlädt, zeigen.

1. Einleitung

Das Studienfach ‚Integrierte Naturwissenschaften‘ umfasst Fachdidaktik und Fachwissenschaft der drei Bezugsdisziplinen Biologie, Chemie und Physik sowie übergreifende wissenschaftstheoretische und -historische Inhalte und wurde zum Wintersemester 2011/12 an der Freien Universität Berlin neu eingeführt.¹ Die Studierenden erwerben in diesem Studienfach auch Basiskenntnisse der Wissenschaftstheorie (im Sinne der Nature of Science), lernen naturwissenschaftliche Denk- und Argumentationsformen kennen und sammeln eigene Erfahrungen mit wissenschaftlichem Argumentieren und Experimentieren ([1], S. 94).

Ziel der hier vorgestellten Untersuchung ist es im Wesentlichen, Hinweise auf das Niveau der Fähigkeiten der Studierenden beim wissenschaftlichen Argumentieren in Experimentiersituationen zu erhalten.

2. Theoretischer Hintergrund

Bisher liegen nur wenige Untersuchungen zur Argumentationsqualität von Studierenden in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen vor (z.B. [2]-[5]). Untersuchungen zu Schülerkompetenzen auf diesem Gebiet (englisch „scientific reasoning“) wurden dagegen bereits vielfach durchgeführt ([6]-[7]).

Es wird davon ausgegangen, dass die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Argumentieren entscheidenden Einfluss auf den Prozess der Erkenntnisgewinnung hat und sich über die Qualität der Argumentationen

Rückschlüsse auf die Qualität des gesamten Erkenntnisgewinnungsprozesses ziehen lassen [8].

Das Qualitätsniveau von Argumentationen wird häufig mit Hilfe des *Toulmin Argumentation Pattern* (TAP) ermittelt ([9], [8]). Diese Vorgehensweise bietet eine Möglichkeit, die Struktur von Argumentationen zu analysieren. TAP wurde bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen eingesetzt (z. B. [3], [8], [10]-[13]).

Autoren wie Means und Voss [10] und Osborne, Eduran und Simon [11] leiten aus der Struktur von Argumentationen und dem Vorhandensein verschiedener Argumentationselemente verschiedene Qualitätsstufen ab – Means und Voss [10] bspw. verweisen auf den hohen Stellenwert von *qualifiers* (Einschränkungen), da sie ihnen einen höheren cognitive load zusprechen. Andere Autoren nutzen das TAP lediglich zur Bestimmung der Argumentationsstruktur und bewerten inhaltliche Qualitätskriterien. Zohar und Nemet [12] bspw. untersuchen, ob Fachwissen in Argumentationen einbezogen wird und ob dieses fachlich korrekt ist.

Toulmin [9] unterteilt das Argumentieren gemäß TAP in sechs Bestandteile, sogenannte Argumentationselemente (ebd., S. 88-95):

- *claim* (Behauptung)
- *warrant* (Erläuterung)
- *data* (Fakt)
- *backing* (Stützung)
- *rebuttal* (Einwand)
- *qualifier* (Einschränkung)

¹ Seit dem Wintersemester 2016/16 wird das Studienprogramm im neuen Berliner Studienfach „Sachunterricht in Verbindung mit Naturwissenschaften“ in leicht modifizierter Form fortgeführt.

3. Untersuchungsdesign, Stichprobe und Datenanalyse

In einem querschnittlich angelegten Design nahmen aus unterschiedlichen Fachsemestern (FS) Gruppen von jeweils drei Studierenden mit dem Nebenfach Integrierte Naturwissenschaften (NaWi) und drei Studierende mit anderen Nebenfächern (ANF) an den Untersuchungen teil. Damit ergibt sich eine Gesamtstichprobe von N=24. Ausgewertet wurden bisher die Daten von 18 Studierenden aus drei Fachsemestern (erstes, drittes FS im Bachelor und erstes FS im Master).

Die Studierenden (jeweils in Dreiergruppen desselben Fachsemesters und Nebenfachs) wurden aufgefordert, sich im Rahmen einer Phänomenbegegnung (vgl. [14]) mit einer ihnen unbekannten Flüssigkeit, die bei Bewegung Schlieren bildet und silbrig schimmert (sog. Rheoskopische Flüssigkeit, vgl. [15]) auseinanderzusetzen. Dazu standen den Studierenden die ihnen aus den Seminaren und Praktika bekannten (sammlungsüblichen) Experimentiermaterialien und Geräte zur Verfügung.

Die Probanden wurden gebeten, alle Überlegungen möglichst zu verbalisieren bzw. ihre Handlungen zu kommentieren. Die Aktivitäten wurden videografiert und die Transkripte vollumfänglich durch zwei Personen kategorienbasiert kodiert.

Zur Analyse der Argumentationsprozesse wird auf das Kodiermanual von Fleischhauer [13] zurückgegriffen, das auf dem TAP basiert. Die Argumentationselemente werden bei Fleischhauer jedoch speziell für den naturwissenschaftlichen Kontext operationalisiert. Dieses Manual ist besonders ausführlich angelegt, um bei der Kodierung mögliche Unschärfen oder uneindeutige Zuschreibungen bei den Kategorien zu vermeiden. Beispielsweise muss nach Fleischhauer ([13], S. 65f.) für die Kategorie ‚Behauptung‘ (claim) sowohl die *Positionseinnahme* durch die betreffende Person als auch eine *Überzeugungsabsicht* erkennbar sein (ebd.). Die Kategorie ‚Fakt‘ (data) umfasst nach Fleischhauer (ebd.) neben *Tatsacheninformationen* oder (*Versuchs-*) *Beobachtungen* auch *Verweise auf eine Autorität*.

Die Äußerungen der Studierenden werden zusätzlich auch in Bezug auf die ‚Folgerichtigkeit‘ des Gesagten in Bezug auf das dann folgende experimentelle Handeln analysiert. Bezüglich der Analyse der Experimentierhandlungen wird die Untersuchung nach Emden [16] zugrunde gelegt. Emden vergleicht verschiedene Modelle zum Experimentieren und leitet eine gemeinsame Basisstruktur in Form von drei Phasen ab: *Planung*, *Durchführung*, *Auswertung*: „(1) Findung einer Idee oder einer Frage, aus der Ideen und Hypothesen entwickelt werden können, (2) Durchführung eines Experiments zur Prüfung der Ideen, (3) Auswertung des Experiments im Hinblick auf die Idee“ ([16], S. 19).

Insbesondere für die Phasen der Durchführung und Auswertung beschreibt Emden [16] qualitativ unterschiedliche Varianten:

- Durchführung: *Experiment basiert auf einer Idee / Hypothese* oder *Experimentieren, ohne vorausgegangene Idee / Hypothese*
- Auswertung: *Schlussfolgerung mit Rückbezug zur eingangs genannten Idee / Hypothese* oder *Schlussfolgerung ohne Rückbezug*

Die einzelnen Bestandteile der Experimentierphasen werden in sog. Lernprozessgraphiken [16] übertragen (Abb. 1). In diesen zweidimensionalen Koordinatensystemen wird auf der X-Achse die Zeit und auf der Y-Achse die Anzahl der Experimentierpfade aufgetragen. Jedem Bestandteil wird zugewiesen, ob es sich um eine Einzel- oder eine Gruppenleistung handelt.

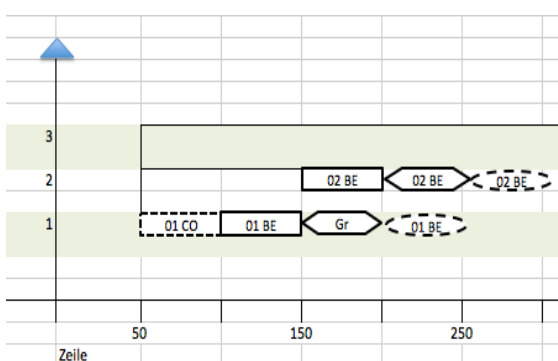


Abb. 1: Lernprozessgrafik nach Emden [16]

Mit Hilfe einer Lernprozessgrafik ist es möglich zu erkennen, wie vollständig ein Experimentierpfad hinsichtlich der Basisstruktur nach Emden (ebd.) ist, aus welchen Elementen dieser besteht, d. h., wann die Phasen beginnen, wer an den einzelnen Phasen beteiligt ist, wie viele Pfade gleichzeitig verfolgt werden sowie wie viele Anläufe pro Untersuchung benötigt werden.

Die Vollständigkeit der einzelnen Experimentierpfade und die sachliche Korrektheit und sachlogische Anbindung der einzelnen Bestandteile sind nach Emden entscheidend für die Prozessbewertung (ebd.).

Insgesamt liegen inzwischen über acht Stunden Videografie (durchschnittlich 72 Minuten pro Gruppe) und über 4000 Zeilen Transkription vor. Bisher konnten 600 Argumentationselemente und über 500 Experimentierphasen codiert werden.

4. Erste Ergebnisse

Im Folgenden werden beispielhaft erste und u. E. interessante Ergebnisse zur Analyse der Argumentationselemente *Behauptung* und *Fakt* und zu den Experimentierhandlungen die Phasen *Planung*, *Durchführung* und *Auswertung* beschrieben. (Diese Ergebnisse sind jedoch aufgrund der bisherigen Datenlage noch als vorläufig anzusehen. Sie geben aber bereits Hinweise auf mögliche Schwerpunktset-

zungen der weiteren Detailanalysen und hinsichtlich der Formulierung von Hypothesen.)

4.1 Argumentieren: Behauptung

Nach Fleischhauer [13] ist für eine *Behauptung* maßgeblich, dass eine Überzeugungsabsicht vorhanden ist (s. o.). Die Überzeugungsabsicht muss aus dem Tonfall, der „Art der Formulierung“ (ebd.), der Betonung oder auch der Lautstärke abgeleitet werden, mit der es gesagt wurde. Inhaltlich kann eine Behauptung entweder aus einer expliziten Zustimmung zu einer Aussage (dem Teilen einer Position), einer Vorhersage zukünftiger Ereignisse oder einer Aufforderung zu einer (scheinbar) alternativlosen Handlung bestehen.

Beispielbehauptungen NaWi

„[Die Flüssigkeit] verhält sich auf jeden Fall anders als Wasser.“ (1. FS)

„Also ist es eine Zweiphasenlösung.“ (3. FS)

„Aber [die Flüssigkeit] war offensichtlich nicht salzgesättigt.“ (7. FS)

Die Studierenden mit dem Nebenfach NaWi stellen im Vergleich zu den anderen Studierenden (ANF) zahlenmäßig insgesamt mehr Behauptungen auf als Studierende mit anderen Nebenfächern (Tabelle 1).

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	33	22	17
ANF	22	10	11

Tab. 1: Anzahl Behauptungen NaWi und ANF

Die Studierenden mit dem Nebenfach NaWi unterscheiden sich von denen mit anderen Nebenfächern (ANF) bezüglich der geäußerten Behauptungen jedoch nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ. Während die NaWi-Studierenden sehr oft auf Fachwissen, Fachbegriffe und fachbezogene Verfahrensweisen zurückgreifen, ziehen die Studierenden mit anderen Nebenfächern vor allem zu Beginn der Untersuchungen vielfach sog. ‚phänotypische‘ Analogien (vgl. [17], S. 4f.) hinzu, um die Flüssigkeit zu beschreiben.

Phänotypische Analogien zielen auf äußerliche, rein optische Merkmale ab:

Beispielbehauptungen ANF

„Ich bin sicher, dass es Wasserfarbe ist oder sowas.“ (1. FS)

„Wie Farbe aus einer Sprühdose.“ (7. FS)

4.2 Argumentieren: Fakt

Nach Fleischhauer [13] können *Fakten* unterschiedlich operationalisiert werden. Neben Beobachtungen und Autoritätsverweisen werden auch Tatsacheninformationen als Fakten verstanden, die als Belege für die Gültigkeit der Behauptungen angeführt werden können. Die Auswertung zeigt, dass die NaWi-Studierenden im Vergleich zu den ANF über mehr Fachwissen verfügen, das sie situations-

angemessen verbalisieren und mit dem sie ihre Behauptungen unterstützen können (Tabelle 2).

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	15	28	17
ANF	9	5	4

Tab. 2: Anzahl Tatsacheninformationen

Beispielfakt NaWi

„Wenn das Seife ist, dann müssten das von der Molekülstruktur her Tenside sein. Das heißt, sie müssen in der Lage sein, Öl von meiner Hand weg zu machen.“ (7. FS)

Beispielfakt ANF

„Ein PH-Wert von 5,5 ist neutral. Alles darunter ist Base und alles darüber ist Säure.“ (1. FS)

Eine weitere Auswertung muss jedoch noch die fachliche und sachliche Korrektheit der Behauptungen und Tatsacheninformationen klären, auch um ggf. den Anteil der Verwendung sog. ‚Trägen Wissens‘ (vgl. z. B. [18]) erfassen zu können.

4.3 Experimentierphase: Planung

Ideen oder Hypothesen (s. o.) können Ausgangspunkt zu einer experimentellen Auseinandersetzung mit einem Phänomen sein und werden z. B. als Vorschlag für ein Vorgehen formuliert. Vorgeschlagen werden können nach Emden [16] Untersuchungsmethoden, neues Experimentiermaterial, die Übertragung auf einen neuen Forschungsgegenstand oder eine Kontrollmessung. Bei der Analyse der Experimentierpfade wurde der Schwerpunkt zunächst darauf gelegt, ob überhaupt vor der Phase der Durchführung überhaupt ‚Ideen‘ geäußert wurden. Tabelle 3 zeigt die Anzahl der Ideen, an die sich experimentelle Handlungen anschließen. In Klammern findet sich die Gesamtanzahl, inklusive der nicht verfolgten Ideen.

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	12 (15)	16 (21)	14 (15)
ANF	28 (36)	21 (27)	18 (19)

Tab. 3: Anzahl an ‚Ideen‘ in der Planungsphase

Ein erster Vergleich zeigt, dass die Studierenden mit anderen Nebenfächern (ANF) im Durchschnitt mehr Ideen in der Planungsphase formulieren, an die sich eine experimentelle Handlung anschließt. Auch zeigt sich, dass die ANF-Studierenden im Durchschnitt mehr Ideen wieder verwerfen.

Eine qualitative Inhaltsanalyse der Äußerungen zeigt, dass die durch die Studierenden eingebrachten Ideen sich deutlich unterscheiden. Einerseits können Ideen identifiziert werden, die aus naturwissenschaftlicher Perspektive als ‚zielgerichtet‘ charakterisiert werden können. Dem gegenüber stehen Ideen, die eher auf die Gewinnung von Erfahrungen über das Phänomen oder die verwendete Methode ausge-

richtet zu sein scheinen. Zielgerichtete Ideen zielen beispielsweise auf das Testen einer Hypothese bzw. auf das Überprüfen einer konkreten, theoriegeleiteten Vorstellung bzw. Vermutung. Diese Kategorie nennen wir ‚Zielgerichtete Ideen‘. Als ‚Explorative Ideen‘ bezeichnen wir demgegenüber diejenigen Ideen, die durch eine noch weitgehend ungerichtete Exploration des Phänomens, durch ‚Ausprobieren‘ oder ‚Try and Error‘-Aktivitäten bzw. auf den Erfahrungsgewinn („Was passiert, wenn ...“) hinsichtlich des Phänomens gerichtet sind.

Dies soll an einigen Beispielen deutlich gemacht werden:

Ankerbeispiel zu ‚Explorative Idee‘:

„Gibt’s - aber Salz gibt’s auch, ‘ne? Wollen wir nicht mal so Salz ‘reintun?“ (1. FS ANF)

Die NaWi-Studierenden haben im Durchschnitt etwa drei explorative Ideen, wohingegen die ANF durchschnittlich neun explorative Ideen einbringen (Tabelle 4).

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	3	2	3
ANF	11	8	8

Tab. 4a: Anzahl ‚Explorative Ideen‘ (Planungsphase)

Die deutlich höhere Anzahl explorativer Ideen bei ANF interpretieren wir in der Weise, dass den ANF vermutlich fachliches Wissen und/oder fachspezifisches Methodenwissen fehlt, das zur Untersuchung des Phänomens zielgerichtet eingesetzt werden könnte.

Ankerbeispiel zu ‚Zielgerichtete Idee‘

„Wir könnten ‘ne Elektrolyse machen. Gucken, ob sich was absetzt, dann könnten wir auch feststellen, ob Salz mit drin ist.“ (3. FS NaWi).

Die NaWi-Studierenden formulieren im Durchschnitt deutlich mehr zielgerichtete Ideen als die ANF (Tabelle 4b). (NaWi-Studierende im siebten Fachsemester formulieren zudem mehr zielgerichtete Ideen als NaWi-Studierende im ersten oder dritten Fachsemester.)

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	4	4	7
ANF	5	1	2

Tab. 4b: Anzahl ‚Zielgerichtete Ideen‘ (Planungsphase)

Die deutlich höhere Anzahl zielgerichteter Ideen bei den NaWi-Studierenden deutet darauf hin, dass hier einerseits mehr fachliches Wissen und/oder fachspezifisches Methodenwissen vorliegt, das zur Untersuchung des Phänomens zielgerichtet eingesetzt werden kann es und andererseits auch klarere Vorstellungen dazu zu geben scheint, was fachlich ‚sinnvoll‘ bzw. angemessen sein könnte.

4.4 Experimentierphase: Durchführung

Emden [16] unterscheidet zwei Varianten bei der Durchführung von Experimenten: Experimente, die an eine Idee oder eine Hypothese anschließen und (explorative) Experimente, die ohne vorausgegangene, explizit geäußerte Idee durchgeführt werden.

Die ANF führen durchschnittlich etwa zwölf explorative Experimente durch, die NaWi-Studierenden mit zunehmenden Fachsemester deutlich weniger (Tabelle 5).

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	12	6	4
ANF	14	10	11

Tab. 5: Anzahl explorativer Experimente

Die Zahlen legen die Vermutung nah, dass die ANF explorativer und damit ggf. eher erratisch oder auch ‚intuitiver‘ handeln. Detailanalysen deuten darauf hin, dass die NaWi-Studierenden in der Phase der Durchführung weniger explorativ ‚testen‘. Sie gehen zielgerichteter vor als die ANF. Im höheren Semester führen die NaWi-Studierenden zudem deutlich weniger explorative Experimente durch.

4.5 Experimentierphase: Auswertung

Emden [16] unterscheidet in der Auswertungsphase des Experimentierens zwischen Schlussfolgerungen ohne (1) und mit (2) Rückbezug zu einer eingangs aufgestellten Hypothese oder einer Idee. Diese Varianten lassen sich auch bei den hier untersuchten Studierendengruppen finden.

Variante (1) zeigt sich häufig in Aussagen, die über eine Beschreibung phänotypischer oder sinnlich wahrgenommener Merkmale nicht hinaus gehen. Eine Schlussfolgerung wird zudem häufig hinsichtlich des Aussehens, des Geruchs, des Geschmacks oder die Fühlprobe gezogen.

Ankerbeispiele ANF Variante (1):

„Nee, es kocht nicht, aber ich find’, es bewegt sich schneller. Es schlängelt mehr als vorher.“ (1. FS)

„Also es ist auf jeden Fall klarer geworden durchs Erhitzen.“ (3. FS)

In Variante (2) wird deutlich auf Eingangshypothesen bzw. -ideen Bezug genommen:

Ankerbeispiele NaWi Variante (2):

„Das heißt, es ist auf jeden Fall nicht so hitzebeständig.“ (7. FS)

„Also ich würde denken, es hat sich gelöst durch Hitze.“ (7. FS)

Die NaWi-Studierenden verbalisieren häufiger Aussagen der Variante (2) als die ANF. Es ist zudem eine Tendenz zu beobachten, dass die Anzahl der Schlussfolgerungen mit Bezug auf eine Hypothese oder Idee mit zunehmenden Fachsemester bei den NaWi-Studierenden zunimmt. Bei den ANF ist dies nicht zu beobachten.

	1. FS	3. FS	7. FS
NaWi	8	11	19
ANF	6	6	4

Tab. 6: Anzahl Schlussfolgerungen mit Bezug zu Idee / Hypothese

Eine Interpretation dieses Ergebnisses wäre, dass NaWi-Studierenden mehr Fachwissen einbeziehen bzw. die experimentellen Ergebnisse weitergehend und theoriebasiert deuten können. Inwieweit dieses Fachwissen und die vorgenommenen Deutungen jedoch fachlich korrekt sind, muss in weiteren Detailanalysen geklärt werden.

5. Zusammenfassung

Die beschriebenen Ergebnisse sind vorläufig und entsprechend vorsichtig zu interpretieren. Sie deuten aber bereits darauf hin, dass die Studierenden mit dem Fach Integrierte Naturwissenschaften bei einer Phänomenbegegnung

- häufiger wissenschaftliche Behauptungen aufstellen,
- mehr Fakten einbeziehen/generieren,
- weniger explorative Ideen generieren,
- weniger explorative Experimente durchführen,
- mehr Schlussfolgerungen treffen, die über eine reine Beschreibung hinausgehen und einen Bezug zu Eingangshypothesen / Ideen aufweisen.

6. Ausblick

Teil zukünftiger vertiefender Detailsauswertungen ist die Analyse weiterer Argumentationselemente sowie die strukturelle und inhaltliche Qualitätsbestimmung der Argumentationsprozesse. Mit Hilfe von Expertenratings sollen zudem der Einsatz von Untersuchungsmethoden, die Verwendung von Fachbegriffen sowie die getroffenen Schlussfolgerungen auf ihre fachliche Korrektheit hin ausgewertet werden.

7. Literatur

- [1] Bolte, C. & Ramseger, J. (2011): Reformprojekt Studiengang „Integrierte Naturwissenschaftliche Bildung“ an der Freien Universität Berlin. In: D. Höttercke (Hrsg.): Naturwissenschaftliche Bildung als Beitrag zur Gestaltung partizipativer Demokratie. Münster: Lit., 93-95.
- [2] Robertshaw, B. & Campbell, T. (2013): Constructing arguments: Investigating pre-service science teachers' argumentation skills in a socio-scientific context. In: Science Education International, 24.
- [3] McDonald, C. (2010): The influence of explicit nature of science and argumentation instruction on preservice primary teachers' view of nature of science. In: Journal of Research in Science Teaching, 47, 1137-1164.
- [4] McNeill, K. & Knight, A. M. (2013): Teachers' pedagogical content knowledge of scientific ar-

gumentation: the impact of professional development on K-12 teachers. Science Education, Vol. 97, 936-972.

- [5] Kind, P. M., Kind, V., Hofstein, A. & Wilson, J. (2011): Peer Argumentation in the school Science Laboratory – Exploring effects of task features. International Journal of Science Education, 2527-2558.
- [6] Beinbrech, C., Kleickmann, T., Tröbst & Möller, K. (2009). Wissenschaftliches Begründen durch Schülerinnen und Schüler und die Rolle der Lehrkraft. In: Zeitschrift für Grundschulforschung, 2(2), 139-155.
- [7] Ramseger, J. (2013): Naturwissenschaftliches Denken und Argumentieren. In: Die Grundschulzeitschrift 264, 29-21.
- [8] Riemeier, T., Aufschnaiter, C. v., Fleischhauer, J. & Rogge, C. (2012): Argumentationen von Schülern prozessbasiert analysieren: Ansatz, Vorgehen, Befunde und Implikationen. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 18, 141-180.
- [9] Toulmin, S. (1975): Der Gebrauch von Argumenten. Kronberg: Scriptor Verlag.
- [10] Means, M. L. & Voss, J. F. (1996): Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability and knowledge levels. In: Cognition and Instruction, 14 (2), 139-178.
- [11] Osborne, J., Eduran, S. & Simon S. (2004): Enhancing the quality of argumentation in school science. In: Journal of Research in Science Teaching, 41(10), 994-1020.
- [12] Zohar, A., & Nemet, F. (2002): Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. In: Journal of Research in Science Teaching, 39 (1), 35-62.
- [13] Fleischhauer, J. (2013): Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim lernen von Physik. Berlin: Logos.
- [14] Wagenschein, M. (1990): Kinder auf dem Wege zur Physik. Mannheim u.a.: Beltz Verlag.
- [15] Nordmeier, V., Kluth, M., Mühlenbruch, T. & Kastl, R. (2014): In: Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule 63, 6, 32-37
- [16] Emden, M. (2011): Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I (Vol. 118). Berlin: Logos.
- [17] Spreckelsen, K. (1999): Simultanexperimente bei der Behandlung physikalischer Phänomene im Primarbereich und als Gegenstand fachdidaktischer Forschung. In: Physik in der Schule 37, 4-6.
- [18] Renkel, A. (1996): Träges Wissen: Wenn Erlerntes nicht genutzt wird. In: Psychologische Rundschau, 47/2, 78-92.

